

Physik I

BIOL/PHARM

Übungsstunde 10

29.11.2021

- Energie & Kräfte
- Fundamentale Wechselwirkungen

Nachbesprechung Aufgabe 10.2: Streifengänse

Gewisse Streifengänse (Masse 2.5 kg) fliegen von ihren Brutorten in der Mongolei zu ihren Überwintungsgebieten in Indien über den Himalaya. Dabei erreichen sie eine Höhe von 9000 m und legen eine Strecke von 2000 km zurück. In dieser Aufgabe schätzen Sie ab, wie viele Schnecken eine Streifengans fressen muss, um diese Strecke zu bewältigen.

Hinweis: Nehmen Sie in der gesamten Aufgabe an, dass die Erdbeschleunigung g unabhängig von der Höhe ist.

(a) Potentielle Energie

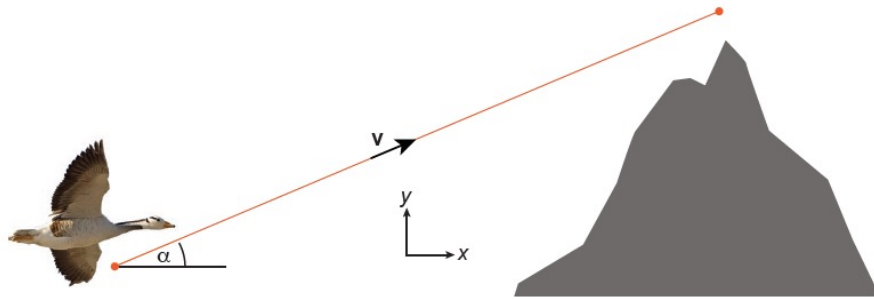
- (i) Wie gross ist die potentielle Energie (in SI-Einheiten), welche die Gans aufbringen muss, um von der Mongolei (1000 m über dem Meer) auf die maximale Flughöhe zu gelangen?
- (ii) Wie verändert sich die potentielle Energie zwischen Brutort (Mongolei) und Überwintungsgebiet (am indischen Ozean)?

(b) Die Streifengans fliegt nun mit einer konstanten Geschwindigkeit $v = 10 \text{ ms}^{-1}$ auf konstanter Höhe geradeaus.

- (i) Welche Kräfte wirken auf sie?
- (ii) Welche Bedingung erfüllen diese Kräfte?
- (iii) Geben Sie eine Formel für den Vektor der Reibungskraft an (Reibungskoeffizient $\gamma_T = 0.2 \text{ kgs}^{-1}$).
- (iv) Berechnen Sie den Vektor der Antriebskraft \vec{F}_A , welchen die Streifengans aufbringen muss.
- (v) Ist die Antriebskraft konservativ? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.

Nachbesprechung Aufgabe 10.2: Streifengänse

- (c) Betrachten Sie nun den Flug vom Brutort zur Spitze des Himalaya bei konstanter Geschwindigkeit $v = 10 \text{ ms}^{-1}$. Die Länge der Flugstrecke $L = 1200 \text{ km}$ ist rot in der Skizze unten eingezeichnet. Die Höhendifferenz beträgt $h = 8 \text{ km}$.



- (i) Schreiben Sie die Geschwindigkeit als Vektor $\vec{v} = (v_x, v_y)$ in Abhängigkeit des Steigungswinkels α und des Geschwindigkeitsbetrags v auf.
- (ii) Berechnen Sie α aus der Länge L der Flugstrecke und der Höhendifferenz h .
- (iii) Schreiben Sie auch die Antriebskraft \vec{F}_A und das Wegelement $d\vec{s}$ als Vektor und berechnen Sie die physikalische Arbeit W , welche die Streifengans während des Steigflugs leistet.
- (iv) Geben Sie das vorherige Resultat in Gramm Schnecken an (100 g haben einen Nährwert von 64 kcal). Dabei ist $1 \text{ kcal} = 4184 \text{ J}$.

Nachbesprechung Aufgabe 10.3: Arbeit und Wegintegral

Eine Kraft \vec{F} wirkt auf einen Körper der Masse m , so dass der Körper sich von A nach B entlang einer Kreisbahn (Radius R) bewegt, wie in der Abbildung gezeigt wird. Die Position des Körpers ist durch den Vektor $\vec{r} = (x, y)$ gegeben, und seine Geschwindigkeit v sei konstant.

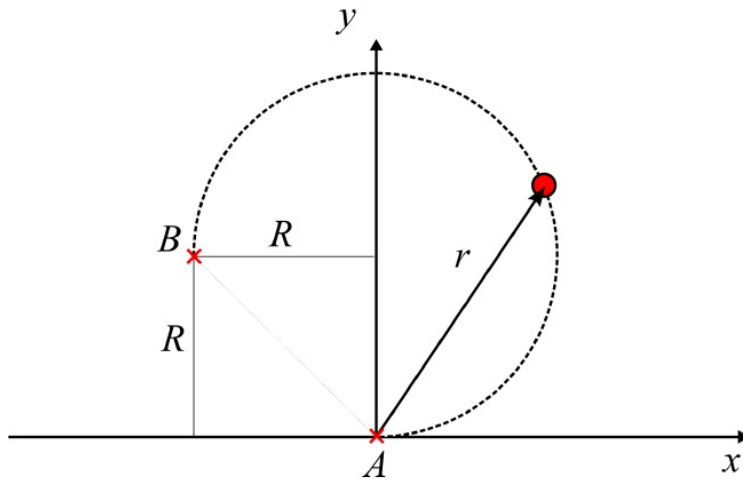


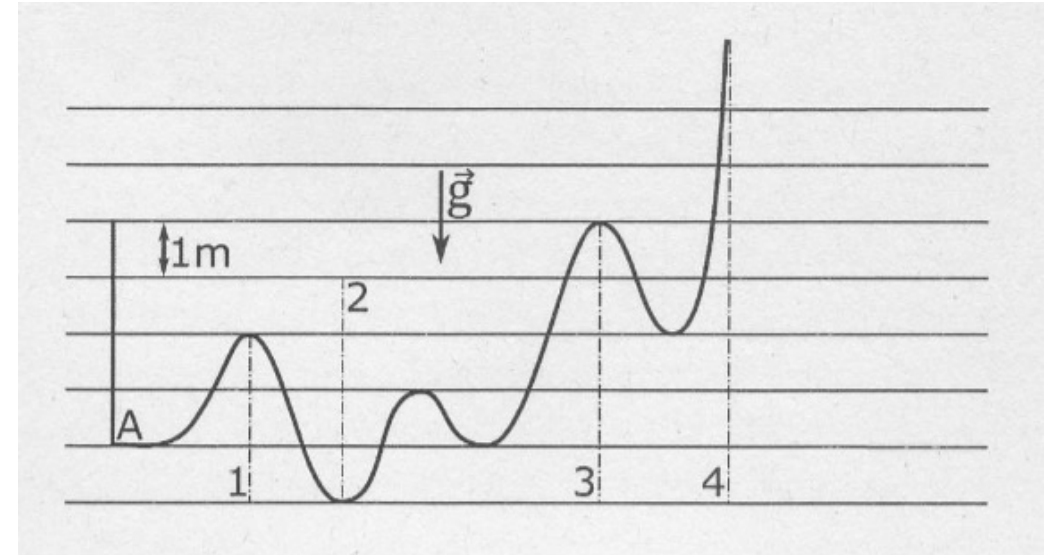
Abbildung 10.2: Masse auf eine Kreisbahn im Gravitationsfeld.

- Definieren Sie zuerst die benötigte Kraft \vec{F} , um die Masse entlang dieser Bahn zu bewegen, wenn die Masse sich im Gravitationsfeld der Erde befindet. Danach berechnen Sie die von der Kraft \vec{F} verrichtete Arbeit. Ist die Gravitationskraft eine konservative Kraft? Begründen Sie warum.
- Nun nehmen Sie an, der Körper erfährt auch die Luftreibung $\vec{F}_R = -\gamma\vec{v}$. Wie gross ist die Arbeit in diesem Fall? Kann man immer noch von konservative Kraft sprechen?

Verständnisfrage: Arbeit

Eine Glasmurmelt mit Durchmesser 2 cm und einer Masse 10 g startet beim Punkt A mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $4\sqrt{5}$ m/s nach rechts. Wie weit kommt die Murmel maximal? Nehme $g = 10$ m/s² und vernachlässige die Reibung.

- a) Genau bis 2
- b) Genau bis 1
- c) Zwischen 3 und 4
- d) Genau bis 3
- e) Zwischen 2 und 3

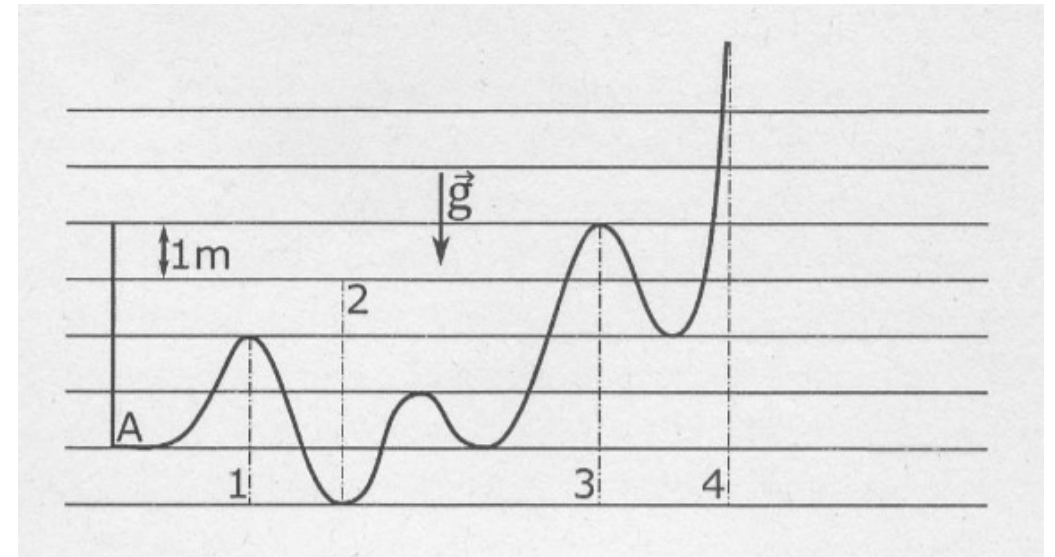


<https://pollev.com/jessezhang348>

Verständnisfrage: Arbeit

Eine Glasmurmel mit Durchmesser 2 cm und einer Masse 10 g startet beim Punkt A mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $4\sqrt{5}$ m/s nach rechts. Wie weit kommt die Murmel maximal? Nehme $g = 10$ m/s² und vernachlässige die Reibung.

- a) Genau bis 2
- b) Genau bis 1
- c) Zwischen 3 und 4
- d) Genau bis 3
- e) Zwischen 2 und 3



Anfangsenergie: $\frac{1}{2}mv^2 = 40\text{m} \cdot \text{J/kg}$. Die Murmel kann also 40 m (relativ zu Punkt A) hoch rollen.
-> d) ist richtig

Verständnisfrage: Arbeit

Welche der Aussagen ist richtig? (Aufgabe aus alter Prüfung)

- a) Wenn ein Körper auf eine Höhe h angehoben wird, ist die verrichtete Arbeit geringer, wenn er auf einer schiefen Ebene heraufgeführt wird, als wenn er senkrecht angehoben wird. Grund dafür ist die Tatsache, dass die aufzuwendende Kraft auf der schiefen Ebene stets kleiner ist als beim direkten Heben des Körpers. Dabei hängt die geleistete Arbeit direkt von der Neigung der schiefen Ebene ab.
- b) Sie stehen mit einer sehr schweren Tasche an der Bushaltestelle. Damit die Tasche nicht auf den Boden fällt müssen sie physikalische Arbeit verrichten.
- c) Sie lassen Ihr Velo einen steilen Weg herunter rollen, wobei Sie so bremsen, dass die Geschwindigkeit konstant bleibt. Dabei wird keine mechanische Arbeit verrichtet, da es unmöglich ist auf einen Körper eine Kraft auszuüben, die Arbeit verrichtet, ohne die kinetische Energie des Körpers zu verändern.
- d) Ein Körper kann sich nicht geradlinig bewegen, wenn die auf ihn wirkende resultierende Kraft ungleich Null ist und keine Arbeit verrichtet.

Verständnisfrage: Arbeit

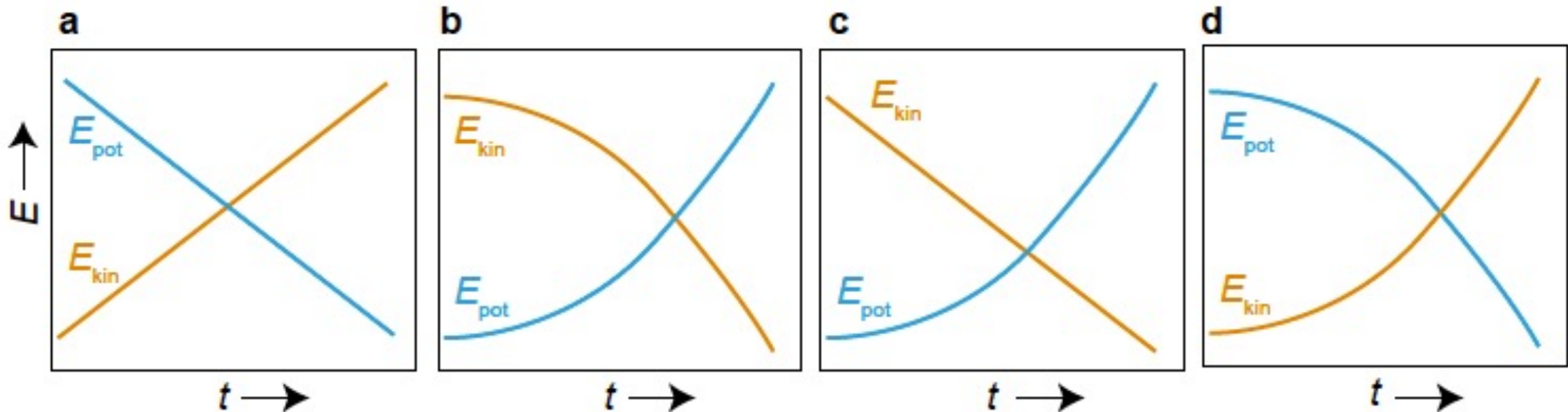
Arbeit wird geleistet um die potentielle Energie mgh zu ändern.
D.h. die Neigung spielt keine Rolle -> a) falsch
b) falsch da die Höher h sich nicht ändert
c) falsch da Reibung Arbeit leistet. (Potentielle Energie wird nicht in kinetische Energie sonder in Arbeit von Reibung umgewandelt)
d) richtig

Welche der Aussagen ist richtig? (Aufgabe aus alter Prüfung)

- a) Wenn ein Körper auf eine Höhe h angehoben wird, ist die verrichtete Arbeit geringer, wenn er auf einer schiefen Ebene heraufgeführt wird, als wenn er senkrecht angehoben wird. Grund dafür ist die Tatsache, dass die aufzuwendende Kraft auf der schiefen Ebene stets kleiner ist als beim direkten Heben des Körpers. Dabei hängt die geleistete Arbeit direkt von der Neigung der schiefen Ebene ab.
- b) Sie stehen mit einer sehr schweren Tasche an der Bushaltestelle. Damit die Tasche nicht auf den Boden fällt müssen sie physikalische Arbeit verrichten.
- c) Sie lassen Ihr Velo einen steilen Weg herunter rollen, wobei Sie so bremsen, dass die Geschwindigkeit konstant bleibt. Dabei wird keine mechanische Arbeit verrichtet, da es unmöglich ist auf einen Körper eine Kraft auszuüben, die Arbeit verrichtet, ohne die kinetische Energie des Köpers zu verändern.
- d) Ein Körper kann sich nicht geradlinig bewegen, wenn die auf ihn wirkende resultierende Kraft ungleich Null ist und keine Arbeit verrichtet.

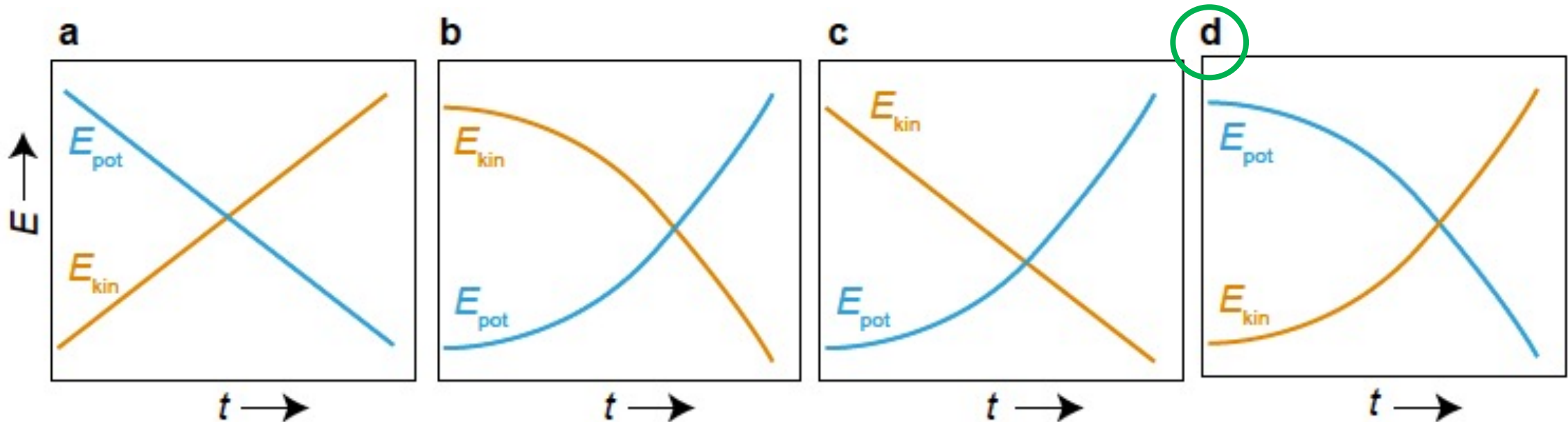
Verständnisfrage: Kugel fallen lassen

Sie lassen eine Kugel aus der Höhe h fallen. Welcher der folgenden Graphen zeigt den korrekten Verlauf der potentiellen (E_{pot}) und kinetischen Energie (E_{kin}) als Funktion der Zeit t , bevor die Kugel aufprallt?



Verständnisfrage: Kugel fallen lassen

Sie lassen eine Kugel aus der Höhe h fallen. Welcher der folgenden Graphen zeigt den korrekten Verlauf der potentiellen (E_{pot}) und kinetischen Energie (E_{kin}) als Funktion der Zeit t , bevor die Kugel aufprallt?



Beim Fallen nimmt E_{pot} ab und E_{kin} nimmt zu \rightarrow b), c)

Beim Fallen haben wir einen senkrechten Wurf, d.h. für h gilt $h(t) = h_0 - \frac{1}{2}gt^2$. (Parabel)

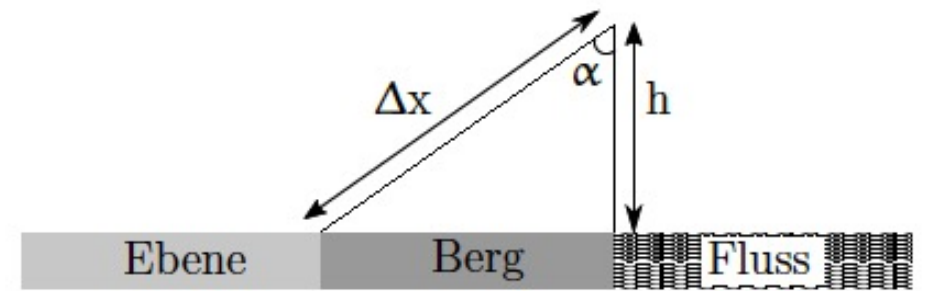
\rightarrow d) ist richtig

Prüfungsaufgabe: Lemming Ausbruch

Aufgabe 4: Lemming-Ausbruch (16 Punkte)

Ein populärer Mythos besagt, dass Lemminge Massenselbstmord begehen, indem sie sich als Herde von Klippen stürzen. Zwar ist dies nicht korrekt, allerdings begeben sich Lemminge alle 32-36 Jahre auf Reise wenn ihre Population zu gross wird. Dabei gehen sie, unabhängig von Hindernissen auf ihrem Weg, immer stur geradeaus. Ein typisches Potentialprofil der Reise eines Lemmings der Masse $m = 0.1 \text{ kg}$ könnte wie oben dargestellt aussehen. Dabei überquert der Lemming zunächst eine flache Ebene und erklimmt dann einen Berg mit Gipfel-Öffnungswinkel $\alpha = 70^\circ$, bevor er sich von dort in einen Fluss stürzt. Der Berg hat einen Aufstieg der Länge $\Delta x \approx 2339 \text{ m}$.

- Der Lemming fängt am Fusse des Berges an diesen zu erklimmen. Dafür muss er gegen eine Kraft arbeiten. Zeichnen Sie diese Kraft mit Betrag und Richtung an einem beliebigen Punkt des Weges auf den Gipfel in die obige Skizze ein und berechnen Sie, wie viel Arbeit der Lemming insgesamt gegen diese Kraft verrichtet hat, wenn er den Gipfel des Berges erreicht.
- Der Lemming erklimmt den Berg mit einer konstanten Geschwindigkeit $v = 5 \text{ km/h}$. Wie lange braucht er vom Fusse des Berges bis zu dessen Gipfel? Welche Leistung erbringt er dabei?
- Der Lemming bleibt nun oben am Gipfel des Berges stehen. Welche potentielle Energie hat er dort im Verhältnis zur Ebene? Welcher Höhe h des Berges entspricht dies?
- Der Lemming lässt sich nun aus dem Stand vom Gipfel des Berges in den Fluss fallen. Welche Geschwindigkeit hat er wenn er in die Wasseroberfläche eintaucht? Vernachlässigen Sie auch hier jegliche Reibungskräfte.

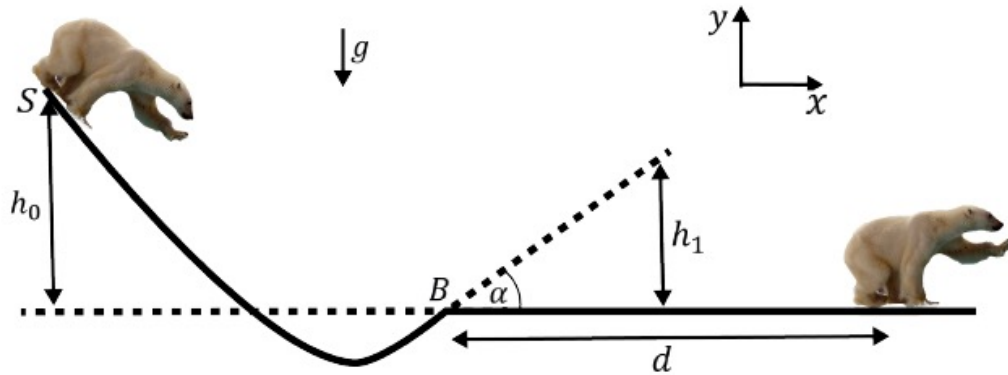


Tips Aufgabe 11.1: Eisbär (Knut?)

Aufgabe 11.1. Eisbär

Ein kleiner Eisbär (Masse $m = 65 \text{ kg}$) rutscht aus der Ruhe (Punkt S) in der Höhe $h_0 = 5 \text{ m}$ von einem Eisberg. Der Eisbär verlässt den Eisberg am Punkt B unter dem Winkel $\alpha = 33^\circ$ relativ zur Horizontalen und fällt im Abstand d von Punkt B ins Wasser.

Hinweis: Vernachlässigen Sie die Luftreibung bei allen Teilaufgaben.



- Wir nehmen zunächst an, dass der Eisbär reibungsfrei auf dem Eis gleitet. Welche Geschwindigkeit v_{ges} besitzt der Eisbär beim Absprung im Punkt B?
- Wie gross ist die Maximalhöhe h_1 , die der Eisbär anschliessend während seines freien Flugs erreicht?
Hinweis: Zerlegen Sie im Punkt B die Gesamtgeschwindigkeit v_{ges} in eine horizontale Komponente v_x und eine vertikale Komponente v_y .
- In welcher Entfernung d vom Punkt B fällt der Eisbär ins Wasser? Geben Sie einen Ausdruck für d in Abhängigkeit von h_0 und α an. Berechnen Sie dann den Zahlenwert für d .
- Nun gleitet der Eisbär nicht mehr reibungsfrei. Wie viel Energie muss durch Reibung dissipiert werden, damit der Eisbär gerade am Absprungpunkt des Eisberges (Punkt B) zum Stehen kommt?

- Energieerhaltung
- Energieerhaltung: Kinetische Energie der senkrechten Bewegung wird in potentielle Energie umgewandelt
- Schräger Wurf (siehe Slides Ex.2)
Bewegung in x und y Richtung separate betrachten, welche durch Zeit t verbunden sind
- Energieerhaltung

Fundamentale Wechsel- wirkungen

Lernziele

- Gravitation- und Elektromagnetische Kraft als fundamentale Wechselwirkung kennen
- Zusammenhang zwischen Kraft und Potential kennen
- Die relative Grössenordnung der beiden Kräfte kennen

Gravitation- und Elektromagnetische Kraft

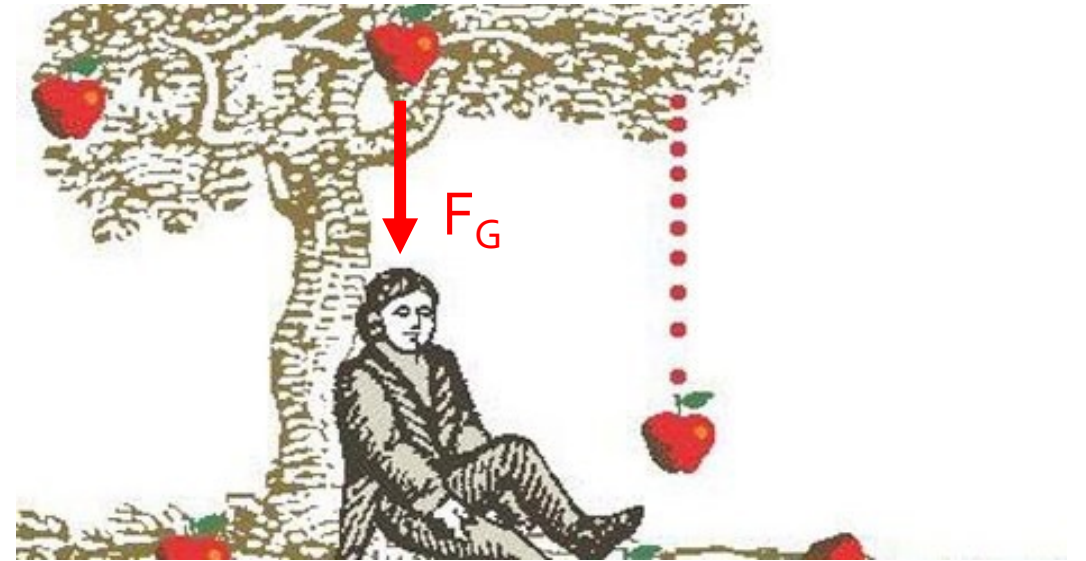
Die **Gravitations-** und die **Elektromagnetische Wechselwirkung** sind zwei der vier fundamentalen Wechselwirkungen in der Natur. Sie lassen sich nicht herleiten und sind uns als der Beobachtung der Natur und durch Messungen bekannt.

Gravitation

$$\text{Kraft: } F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

$$\text{mit } G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

$$\text{Potential: } E_{\text{pot}}(r) = -G \frac{m_1 m_2}{r}$$



Erdanziehungskraft:

m_1 = Masse Erde = $5.97 \cdot 10^{24}$ kg, r = Erdradius = 6371 km

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = G \frac{m_1}{r^2} m_2 = 9.81 \text{ N kg}^{-1} m_2$$

Gravitation- und Elektromagnetische Kraft

Die **Gravitations-** und die **Elektromagnetische Wechselwirkung** sind zwei der vier fundamentalen Wechselwirkungen in der Natur. Sie lassen sich nicht herleiten und sind uns als der Beobachtung der Natur und durch Messungen bekannt.

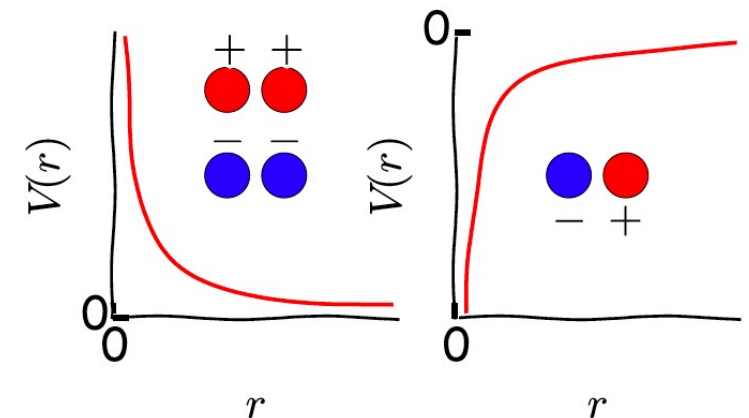
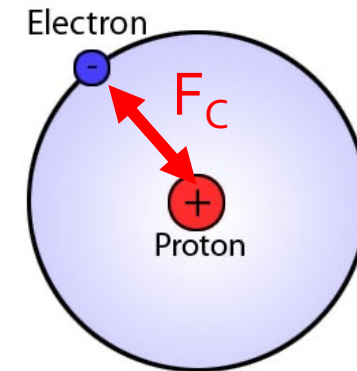
Elektromagnetisch/Coulomb

$$\text{Kraft: } F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

$$\text{mit } \epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

$$\text{Potential: } E_{pot}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

Bmgk: Bei gleichem Vorzeichen haben wir eine abstossende Kraft, bei ungleichen Vorzeichen eine anziehende Kraft.



Tips Aufgabe 11.2: Die potentielle Energie und Kraft

Aufgabe 11.2. Die potentielle Energie und die Kraft

Gegeben sei die relative potentielle Energie

$$V(x, y, z) = E_{\text{pot}}(x, y, z) - E_{\text{pot},0} = \frac{A}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}, \quad (1)$$

wobei A eine Konstante ist.

- Bestimmen Sie die Kraft \vec{F} und geben Sie die Kraft \vec{F} als Funktion des Ortsvektor \vec{r} an. In welche Richtung zeigt \vec{F} ?
- Welche Kräfte kennen Sie, die diese exakte Form haben?

a) $\vec{F} = -\vec{\nabla} V(x, y, z)$

- b) Welche Kräfte zeigen in diese Richtung?

Tips Aufgabe 11.2: Verschiedene Kräfte in Salz

Aufgabe 11.3. *Verschiedene Kräfte in Salz*

Die Entfernung zwischen den K^+ - und Cl^- -Ionen in KCl beträgt $d \approx 2.8 \text{ \AA}$. Berechnen und vergleichen Sie

- (a) die elektrostatische Anziehung zwischen einem Kalium- und einem Chloridion,
- (b) deren gegenseitige gravitative Anziehung und
- (c) die Erdanziehung auf jedes der beiden verschiedenen Ionen.

Hinweis. Die Massen betragen $m_{\text{K}} = 39.1 \text{ Da}$ und $m_{\text{Cl}} = 35.5 \text{ Da}$.

a) $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

b) $1 \text{ Da} = 1.66 \text{ e}^{-27} \text{ kg}$